

(19)Japanese Patent Office (JP)

(12)PATENT LAID-OPEN GAZETTE(A)

(11)Patent Application Laid-Open No.

1996-37012

(43) Date Laid-Open: February 6, 1996

(51)Int. Cl. ⁶	ID Code	Patent Office Docket No.	FI	Place to indicate art
H01M 8/02	S	9444-4K		
8/10		9444-4K		
8/24	T	9444-4K		

Request for examination: Not made

No. of claims: 3 OL (13 pages in total)

(21) Application No.: 1994-170565

(22) Date of Application: July 22, 1994

(71) Applicant: 000005234

Fuji Electric Co., Ltd.

1-1, Tanabe-shinden, Kawasaki-ku,

Kawasaki-shi, Kanagawa-ken

(72) Inventor: Tsuyoshi Matsushita

c/o Fuji Electric Co., Ltd.

1-1, Tanabe-shinden, Kawasaki-ku,

Kawasaki-shi, Kanagawa-ken

(72) Inventor: Yasuhito Tanaka

c/o Fuji Electric Co., Ltd.

1-1, Tanabe-shinden, Kawasaki-ku,

Kawasaki-shi, Kanagawa-ken

(74) Agent: IwaioYamaguchi,

Patent Attorney

(54) [Title of invention] Solid high polymer electrolyte type fuel cell

(57) [Abstract]

[Purpose] To provide a solid high polymer electrolyte type fuel cell, with which it is possible to shorten the replacing time for a degraded fuel cell and to reduce the degree of generation of the leakage of reaction gases.

[Constitution] A solid high polymer electrolyte type fuel cell according to this invention includes a plurality of unit cells 2 in a laminated state, each provided with a separator 22A, a separator 42B and a holding device 23. In comparison with the conventional examples, at the peripheral edge on the outside of a groove 613A, the separator 22A is provided with a plurality of holes 221 composed of a circular through-hole having a greater diameter than that of an insertion part of a column 231 of the holding device 23 and a circular counter-sunk hole having a greater diameter than that of the through-hole. In comparison with the conventional examples, at the peripheral edge on the outside of a groove 613B, the separator 42B is provided with holes 421B having the same shape as the holes 221 in positions opposing to the holes 221. The holding device 23 is made of an electrically insulating material and composed

of the column 231 provided on the peripheral surface with a hexagonally bored head and a groove 231a and a snap ring (C-ring) 232 to be fitted in the groove 231a.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-37012

(43) 公開日 平成8年(1996)2月6日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 M 8/02	S	9444-4K		
8/10		9444-4K		
8/24	T	9444-4K		

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平6-170565

(22) 出願日 平成6年(1994)7月22日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 松下 毅

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(72) 発明者 田中 泰仁

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

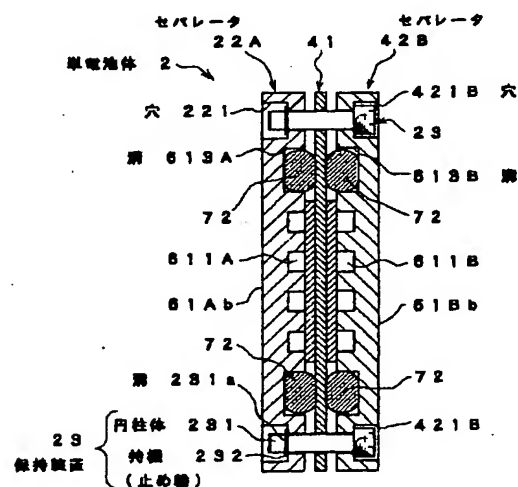
(74) 代理人 弁理士 山口 巖

(54) 【発明の名称】 固体高分子電解質型燃料電池

(57) 【要約】

【目的】 不良燃料電池セルの交換時間を短縮すると共に、反応ガスのガス漏れの発生度を低減することが可能な固体高分子電解質型燃料電池を提供する。

【構成】 この発明による固体高分子電解質型燃料電池は、セパレータ22A、セパレータ42B、保持装置23を備えた単電池体2を複数積層している。セパレータ22Aは、従来例に対し溝613Aの外側の周縁部分に、保持装置23の円柱体231の挿入部径よりも大径の円形貫通穴と、この貫通穴径よりも大径の円形の座ぐり穴とでなる穴221を複数備えている。セパレータ42Bは、従来例に対し溝613Bの外側の周縁部分に、穴221と同一形状の穴421Bを、それぞれの穴221と対向する位置に備えている。保持装置23は、電気絶縁材製であり、六角穴付きの頭部と溝231aが外周面に形成された円柱体231と、円柱体231の持つ溝231aに装着される止め輪(Cリング)232とで構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃料ガスおよび酸化剤ガスの供給を受けて直流電力を発電する複数の燃料電池セルと、それぞれの燃料電池セルの両面に配置されて、燃料電池セルに燃料ガスまたは酸化剤ガスを供給するための複数のガス通流用溝を有するセパレータと、前記の複数の燃料電池セルと複数のセパレータとの直列積層体を、この直列積層体の両端に位置するセパレータの外側面側から加圧する加圧装置とを備え、

それぞれの燃料電池セルは、固体高分子電解質膜でなる電解質層と、この電解質層の二つの主面のそれぞれに密着して配置された電極とを有するものであり、

それぞれのセパレータは、燃料電池セルが持つ電極と接する側の側面に複数のガス通流用溝を有し、燃料電池セルが持つ電極と接する側の側面に対する反対側の側面はほぼ一平面上に有り、セパレータの燃料電池セルと接する側のそれぞれの側面の周縁部分には、燃料ガスまたは酸化剤ガスのガス通流路の外部への漏れ出しを防止するガスシール体を収納するための溝を有するものであり、

加圧装置は、直列積層体の両端に位置するセパレータのそれぞれの外側面に当接される当接体と、両当接体に直列積層体の両端に位置するセパレータの外側面側から加圧するための加圧力を与える加圧体とを有するものである、固体高分子電解質型燃料電池において、

燃料電池セルとセパレータとの直列積層体は、1個の燃料電池セルと、この1個の燃料電池セルの両面に配置された1対のセパレータとを有する単電池体の複数の互いに直列に積層されてなるものであり、

それぞれの単電池体は、それが有するセパレータの対を、燃料電池セルを間に挟んで一体に保持する保持装置を備えることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項2】 請求項1に記載の固体高分子電解質型燃料電池において、

それぞれの単電池体が備えるそれぞれのセパレータは、セパレータの燃料電池セルと接する側の側面に有するガスシール体を収納するための溝よりも外側の周縁部分に複数の穴を互に対向させて有し、この互に対向し合うそれぞれの穴は、セパレータの電極と接する側の側面と、セパレータの電極と接する側の側面に対する反対側の側面との間を結んで、前記の電極と接する側面にほぼ垂直に形成されてなり、しかも、この互に対向し合うそれぞれの穴は、一方のセパレータが有する穴は、めねじが形成されたねじ穴であり、他方のセパレータが有する穴は、前記の電極と接する側面側に形成された前記のねじ穴が持つめねじの径よりも大きな径を持つ円形の貫通穴と、この貫通穴と同心で、反対側の側面側に形成された前記の貫通穴の径よりも大きな径を持つ円形の座ぐり穴とを有し、

それぞれの単電池体が備える保持装置は、両セパレータが有する互に対向し合う前記の穴に装着され、前記のねじ穴が持つめねじと嵌め合わされるおねじを持つ、頭部を有するおねじ部品であることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【請求項3】 請求項1に記載の固体高分子電解質型燃料電池において、

それぞれの単電池体が備えるそれぞれのセパレータは、セパレータの燃料電池セルと接する側の側面に有するガスシール体を収納するための溝よりも外側の周縁部分に複数の穴を互に対向させて有し、それぞれの穴は、セパレータの電極と接する側の側面と、セパレータの電極と接する側の側面に対する反対側の側面との間を結んで、前記の電極と接する側面にほぼ垂直に形成されてなり、しかも、前記の電極と接する側面側に形成された円形の貫通穴と、この貫通穴と同心で、反対側の側面側に形成された前記の貫通穴の径よりも大きな径を持つ円形の座ぐり穴とを有し、

それぞれの単電池体が備える保持装置は、両セパレータが有する互に対向し合う前記の穴に装着される円柱体と、この円柱体をその長さ方向において前記の座ぐり穴の位置で保持する保持機構とを備えることを特徴とする固体高分子電解質型燃料電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、固体高分子電解質型燃料電池に係わり、燃料電池セルの交換等が容易となるように改良されたその構造に関する。

【0002】

【従来の技術】 燃料電池として、これに使用される電解質の種類により、固体高分子電解質型、りん酸型、溶融炭酸塩型、固体酸化物型などの各種の燃料電池が知られている。このうち、固体高分子電解質型燃料電池は、分子中にプロトン（水素イオン）交換基を有する高分子樹脂膜を飽和に含水させると、低い抵抗率を示してプロトン導電性電解質として機能することを利用した燃料電池である。

【0003】 図7は、従来例の固体高分子電解質型燃料電池が備える単電池を展開した状態で模式的に示した要部の斜視図であり、図8は、図7に示した単電池を展開した状態で模式的に示した側面断面図である。図7、図8において、7は、電解質層7Cと、燃料電極（アノード極でもある。）7Aと、酸化剤電極（カソード極でもある。）7Bとで構成されている燃料電池セルである。電解質層7Cとしては、パーフルオロスルホン酸樹脂膜（例えば、米国のデュポン社製、商品名ナフィオン膜）が最近は良く知られるようになってきている。このパーフルオロスルホン酸樹脂膜は、飽和に含水させることにより常温で20〔Ω・cm〕以下の抵抗率を示して良好なプロトン導電性電解質として機能する膜である。ま

た、電解質層（以降、PE膜と略称することがある。）7Cは、電極膜7A、7Bの面方向の外形寸法よりも大きい面方向の外形寸法を持つものであり、したがって、電極膜7A、7Bの周辺部には、PE膜7Cの端部との間にPE膜7Cの露出面が存在することになる。

【0004】燃料電極7Aは、PE膜7Cの一方の主体面に密接して積層されて、燃料ガス（例えば、水素あるいは水素を高濃度に含んだガスである。）の供給を受ける電極である。また、酸化剤電極7Bは、PE膜7Cの他方の主体面に密接して積層されて、酸化剤ガス（例えば、空気である。）の供給を受ける電極である。燃料電極7Aの外側面側が、燃料電池セル7の一方の側面7aであり、酸化剤電極7Bの外側面側が、燃料電池セル7の他方の側面7bである。燃料電極7Aおよび酸化剤電極7Bは、共に触媒活物質を含むそれぞれの触媒層と、この触媒層を支持すると共に反応ガス（以降、燃料ガスと酸化剤ガスを総称してこのように言うことが有る。）を供給および排出するとともに、集電体としての機能を有する多孔質の電極基材とからなり、前記の触媒層をPE膜7Cの両主体面にホットプレスにより密着するのが一般である。

【0005】PE膜7Cの露出面に形成されている貫通穴71は、後記するセパレータ61Aに設けられている貫通穴615A、616A、および、後記するセパレータ61Bに設けられている貫通穴615B、616Bに対向させて形成されており、反応ガスの通流路の一部をなす穴である。また、61Aは、ガスを透過せず、しかも良好な熱伝導性と良好な電気伝導性を備えた材料（例えば炭素板である。）を用いて製作され、燃料電池セル7の一方の側面7a側に配設されるセパレータである。セパレータ61Aは、その片面に後記する燃料ガスを通流させると共に、未消費の水素を含む燃料ガスを排出するための同一の間隔により複数個設けられた凹状の溝（ガス通流用溝）611Aと、このガス通流用溝611A間に介在する凸状の隔壁612Aとが、互いに交互に形成されている。61Bは、セパレータ61Aと同様の材料で製作され、燃料電池セル7の他方の側面7b側に配設されるセパレータである。セパレータ61Bは、その片面に後記する酸化剤ガスを通流させるとともに、未消費の酸素を含む酸化剤ガスを排出するための同一の間隔により複数個設けられた凹状の溝（ガス通流用溝）611Bと、このガス通流用溝611B間に介在する凸状の隔壁612Bとが、互いに交互に形成されている。なお、凸状の隔壁612A、612Bの頂部は、それぞれ、セパレータ61A、61Bの側面61Aa、61Baと同一面になるように形成されている。セパレータ61Aは、この側面61Aaを燃料電池セル7の側面7aに密接させて、また、セパレータ61Bは、この側面61Baを燃料電池セル7の側面7bに密接させて、それぞれ燃料電池セル7を挟むようにして配設される。

【0006】セパレータ61Bのそれぞれの溝611Bの両端部は、これ等の溝611Bが互いに並列になって溝614B、614Bに連通されている。この溝614B、614Bの端部には、側面61Baとは反対側となる側面61Bbに開口する1対の貫通穴615B、615Bが形成されている。また、セパレータ61Bには、側面61Baと側面61Bbとを結ぶ1対の貫通穴616B、616Bが、1対の貫通穴615B、615Bと互いにたすき掛けの位置関係となる部位（後記するセパレータ61Aの場合を参照。）に形成されている。溝611B、溝614B、貫通穴615Bは、セパレータ61Bにおける酸化剤ガスを通流させるための酸化剤ガス用のガス通流路を構成している。また、セパレータ61Aにも、貫通穴615A、615Aと貫通穴616A、616Aが形成されている。すなわち、セパレータ61Aのそれぞれの溝611Aの両端部は、これ等の溝611Aが互いに並列になって、セパレータ61Bの場合の溝614B、614Bと同様形状の溝614Aに連通されている。貫通穴615A、615Aは、この溝614Aの端部から、側面61Aaとは反対側となる側面61Abに開口されている。貫通穴616A、616Aは、側面61Aaと側面61Abとを結んで、図7中に示すように、1対の貫通穴615A、615Aとは互いにたすき掛けの位置関係となる部位に形成されている。溝611A、溝614A、貫通穴615Aは、セパレータ61Aにおける燃料ガスを通流させるための燃料ガス用のガス通流路を構成している。

【0007】さらに、72は、前記したガス通流路中を通流する反応ガスが、ガス通流路外に漏れ出るのを防止する役目を負う弾性材製のガスシール体（例えば、リングである。）である。ガスシール体72は、それぞれのセパレータ61A、61Bのガス通流用溝611A、614Aおよびガス通流用溝611B、614Bが形成された部位の周縁部に形成された凹形状の溝613A、613B中に収納されて配置されている。なお、図示するのは省略したが、セパレータ61Aが備える貫通穴615A、616Aの側面61Abへのそれぞれの開口部を取り巻いて、また、セパレータ61Bが備える貫通穴615B、616Bの側面61Bbへのそれぞれの開口部を取り巻いて、反応ガスがこの部位からガス通流路外に漏れ出るのを防止する役目を負う弾性材製のガスシール体（例えば、リングである。）を収納するための凹形状の溝が形成されている。

【0008】1個の燃料電池セル7が発生する電圧は、1[V]程度以下と低い値であるので、前記した構成を持つ単電池6の複数個を、各燃料電池セル7と、これに介挿されるセパレータ61A、61Bを介して、互いに直列接続した燃料電池セル集積体として構成し、電圧を高めて実用に供されるのが一般である。図9は、従来例の固体高分子電解質型燃料電池を模式的に示した構成図

で、(a)はその側面図であり、(b)はその上面図である。なお、図9中には、図7、図8で付した符号については、代表的な符号のみを記した。図9において、9は、互いに直列積層された複数の単電池6と、この単電池6の直列積層体を、その両端末に位置するセパレータ61A、61Bの外側面側から加圧する加圧装置8とを備えた固体高分子電解質型燃料電池（以降、燃料電池スタックと略称することがある。）である。加圧装置8は、単電池6の直列積層体の両端末に位置するセパレータ61Aおよびセパレータ61Bのそれぞれの外側面に当接される当接体81Aおよび当接体81Bと、両当接体81A、81Bに、単電池6の直列積層体の両端末に位置するセパレータ61A、61Bの外側面側から適正な加圧力を与える加圧体82とを有している。

【0009】当接体81Aは、単電池6の直列積層体の一方の端末に位置するセパレータ61Aの外側面に直接当接される導電材製の集電板811Aと、燃料電池スタック9の一方の最外端部に装着される金属板製の締付板812Aと、単電池6群および集電板811Aを、加圧体82および締付板812Aから電気的に絶縁するための電気絶縁材製の電気絶縁板813Aを備えている。当接体81Bは、単電池6の直列積層体の他方の端末に位置するセパレータ61Bの外側面に直接当接される導電材製の集電板811Bと、燃料電池スタック9の他方の最外端部に装着される金属板製の締付板812Bと、単電池6群および集電板811Bを、加圧体82および締付板812Bから電気的に絶縁するための電気絶縁材製の電気絶縁板813Bを備えている。当接体81Aが備えている集電板811A、電気絶縁板813A、締付板812Aの、セパレータ61Aが備えている貫通穴615A、616Aと対向する部位には、それぞれ図示しない貫通穴が形成されている。当接体81Bが備えている集電板811B、電気絶縁板813B、締付板812Bの、セパレータ61Bが備えている貫通穴615B、616Bと対向する部位にも、それぞれ図示しない貫通穴が形成されている。

【0010】加圧体82は、それぞれの締付板812A、812Bに跨がって装着される六角ボルト等の複数のねじ821と、それぞれのねじ821に嵌め合わされる六角ナット等のナット822と、例えばねじ821に嵌め込まれて装着され、それぞれの締付板812A、812Bに安定した加圧力を与えるための皿ばね等であるばね体823を備えている。この加圧装置8が燃料電池セル7を加圧する加圧力は、燃料電池セル7の見掛けの表面積あたりで、5 [kg/cm²] 内外程度であるのが一般である。

【0011】複数の単電池6を積層する際に、互いに隣接する単電池6において、セパレータ61Aに形成された貫通穴615Aとセパレータ61Bに形成された貫通穴616Bとは、また、セパレータ61Aに形成された

貫通穴616Aと、セパレータ61Bに形成された貫通穴615Bとは、互いにその開口部位が合致することで、全部の単電池6がそれぞれに持つ燃料ガス用のガス通流路および燃料ガス用のガス通流路は、それぞれが互いに連通したガス通流路を形成している。このガス通流路の燃料電池スタック9としての端部は、締付板812Aと締付板812Bに形成されている前記の貫通穴である。締付板812Aに形成されている前記の貫通穴の重力方向に対して上側に在る貫通穴の内、貫通穴615Aと連通する貫通穴には、燃料ガス5Aが供給される接続口金具83Aaが気密に装着され、貫通穴616Aと連通する貫通穴には、酸化剤ガス5Bが供給される接続口金具83Baが装着される。

【0012】また、締付板812Aに形成されている前記の貫通穴の内、重力方向に対して下側に在る貫通穴には、封止用の金具84が気密に装着される。締付板812Bに形成されている前記の貫通穴の重力方向に対して下側に在る貫通穴の内、貫通穴616Bと連通する貫通穴には、水素が減損された燃料ガス5Aが排出される接続口金具83Abが気密に装着され、貫通穴615Bと連通する貫通穴には、酸素が減損された酸化剤ガス5Bが排出される接続口金具83Bbが装着される。また、締付板812Bに形成されている前記の貫通穴の内、重力方向に対して上側に在る貫通穴には、封止用の金具84が気密に装着される。さらに、セパレータ61Aの側面61Abに形成された前記した凹形状の溝および、セパレータ61Bの側面61Bbに形成された前記した凹形状の溝とが互いに組み合わされることで形成されるそれぞれの溝には、弾性材製のガスシール体（例えば、Oリングである。）が気密封止用として装着される。

【0013】このように構成された燃料電池スタック9において、それぞれのセパレータ61A、61Bは、ガス通流用溝611A、611B中を流通する反応ガスの流れ方向が、図9中に矢印で示したごとく、その供給側を重力方向に対して上側に、その排出側を重力方向に対して下側になるように配置されることになる。また、燃料電池スタック9に供給される燃料ガス5Aと酸化剤ガス5Bとは、複数個が積層された単電池6に対して、それぞれ並列に供給されることになる。

【0014】なお、燃料電池セル7においては、よく知られている固体高分子電解質型燃料電池の持つ発電機能によって直流電気の発電を行う際に、発電する電力とほぼ同等量の損失が発生することは避けられないものである。この損失による熱を積極的に除去するために、燃料電池セル集積体に冷却体を装着した燃料電池スタックも知られている。燃料電池セル7は、必要に応じて燃料電池スタックに冷却体が装着されるなどにより、50

【C】から100【C】程度の温度条件で運転されるのが一般である。

【0015】図9に示した燃料電池スタック9の場合に

は、それぞれの単電池6が備えるセパレータ61A、61Bは、ガス通流用溝611A、611Bによって反応ガスの通流路を確保すると共に、燃料電池セル7で発電された直流電気を凸状の隔壁612A、612B等を介して集電板811A、811Bに伝達する役目を果たしている。冷却体を装着した燃料電池スタックにおいては、冷却体を装着した燃料電池スタックの単電池6が備えるセパレータ61A、61Bは、前記のことに加えて、燃料電池セル7で発生した熱を、凸状の隔壁612A、612B等を介して冷却体に伝達する役目も果たしていることになる。

【0016】従って、冷却体を装着した燃料電池スタックでは、燃料電池セル7から集電板811A、811Bおよび冷却体に至る間の電気抵抗、熱抵抗の値を小さく抑えることが、燃料電池スタックの特性を向上することになるので、各接触部における電気抵抗および熱抵抗の低減を図るために、ほぼ一定の圧力が加わるようするばね体823を備えた加圧装置8により加圧されているのである。この加圧力は前記したところによる5[kg/cm²]内外程度である。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】前記した従来技術による固体高分子電解質型燃料電池9においては、数十個(10~50個であることが多い。)あるいはそれ以上の個数の単電池6を積層しており、所要の電圧値を持つ直流電気を発生して、直流発電の機能を十分に発揮するのであるが、次のような問題が有る。すなわち、①単電池6に与える加圧力は、加圧装置8が備える1対の締付板である締付板812A、812Bを介して加えられるので、発電性能が低下するなどした不良の燃料電池セル7を交換する場合には、まず加圧体82を取り外し、そうして、燃料電池セル集積体を不良の燃料電池セル7まで分解する必要がある。不良の燃料電池セル7が良品の燃料電池セル7に交換されると、分解時とは逆の順序で、全数の単電池6の積層作業と加圧装置8の組み込み作業が行われ、加圧装置8によって所定の値の加圧力で加圧することで、固体高分子電解質型燃料電池9の再組み立てを行う必要がある。すなわち、不良の燃料電池セル7の交換に、極めて長い作業時間を要している。また、

②前記①項による不良の燃料電池セル7の交換等の燃料電池スタック9の分解時には、単電池6がそれぞれ備える全てのガスシール体72を加圧する加圧力もいったんは零になる。加圧力が零になったガスシール体72は、燃料電池スタック9の再組立時に、加圧体82によって再度加圧されることになる。しかし、ガスシール体72には弾性材が用いられていることにより、燃料電池スタック9の運転時にガスシール体72が永久変形することが有り得るものである。ガスシール体72に大きな永久変形を生じている場合には、加圧装置8によって再加圧

したとしても、ガスシール体72が電解質層7Cを加圧する加圧力は、分解前の燃料電池スタック9で得られていた加圧力よりも低下することが起こり得るのである。このために、燃料電池スタック9では、再組立後に、反応ガスに対するシール性能が低下するということが発生している。

【0018】この発明は、前述の従来技術の問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、不良燃料電池セルの交換に要する作業時間を短縮すると共に、反応ガスのガス漏れの発生度を低減することが可能な固体高分子電解質型燃料電池を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】この発明では前述の目的は、

1) 燃料ガスおよび酸化剤ガスの供給を受けて直流電力を発電する複数の燃料電池セルと、それぞれの燃料電池セルの両面に配置されて、燃料電池セルに燃料ガスまたは酸化剤ガスを供給するための複数のガス通流用溝を有するセパレータと、前記の複数の燃料電池セルと複数のセパレータとの直列積層体を、この直列積層体の両端末に位置するセパレータの外側面側から加圧する加圧装置とを備え、それぞれの燃料電池セルは、固体高分子電解質膜でなる電解質層と、この電解質層の二つの主面のそれぞれに密着して配置された電極とを有するものであり、それぞれのセパレータは、燃料電池セルが持つ電極と接する側の側面に複数のガス通流用溝を有し、燃料電池セルが持つ電極と接する側の側面に対する反対側の側面はほぼ一平面上に有り、セパレータの燃料電池セルと接する側のそれぞれの側面の周縁部分には、燃料ガスまたは酸化剤ガスのガス通流路の外部への漏れ出しを防止するガスシール体を収納するための溝を有するものであり、加圧装置は、直列積層体の両端末に位置するセパレータのそれぞれの外側面に当接される当接体と、両当接体に直列積層体の両端末に位置するセパレータの外側面側から加圧するための加圧力を与える加圧体とを有するものである、固体高分子電解質型燃料電池において、燃料電池セルとセパレータとの直列積層体は、1個の燃料電池セルと、この1個の燃料電池セルの両面に配置された1対のセパレータとを有する単電池体の複数の互いに直列に積層されてなるものであり、それぞれの単電池体は、それが有するセパレータの対を、燃料電池セルを間に挟んで一体に保持する保持装置を備える構成とすること、または、

2) 前記1項に記載の手段において、それぞれの単電池体が備えるそれぞれのセパレータは、セパレータの燃料電池セルと接する側の側面に有するガスシール体を収納するための溝よりも外側の周縁部分に複数の穴を互に対向させて有し、この互に対向し合うそれぞれの穴は、セパレータの電極と接する側の側面と、セパレータの電極と接する側の側面に対する反対側の側面との間を

結んで、前記の電極と接する側面にほぼ垂直に形成されてなり、しかも、この互いに対向し合うそれぞれの穴は、一方のセパレータが有する穴は、めねじが形成されたねじ穴であり、他方のセパレータが有する穴は、前記の電極と接する側面側に形成された前記のねじ穴が持つめねじの径よりも大きな径を持つ円形の貫通穴と、この貫通穴と同心で、反対側の側面側に形成された前記の貫通穴の径よりも大きな径を持つ円形の座ぐり穴とを有し、それぞれの単電池体が備える保持装置は、両セパレータが有する互いに対向し合う前記の穴に装着され、前記のねじ穴が持つめねじと嵌め合わされるおねじを持つ、頭部を有するおねじ部品である構成とすること、さらにまたは、

3) 前記1項に記載の手段において、それぞれの単電池体が備えるそれぞれのセパレータは、セパレータの燃料電池セルと接する側の側面に有するガスシール体を収納するための溝よりも外側の周縁部分に複数の穴を互いに対向させて有し、それぞれの穴は、セパレータの電極と接する側の側面と、セパレータの電極と接する側の側面に対する反対側の側面との間を結んで、前記の電極と接する側面にほぼ垂直に形成されてなり、しかも、前記の電極と接する側面側に形成された円形の貫通穴と、この貫通穴と同心で、反対側の側面側に形成された前記の貫通穴の径よりも大きな径を持つ円形の座ぐり穴とを有し、それぞれの単電池体が備える保持装置は、両セパレータが有する互いに対向し合う前記の穴に装着される円柱体と、この円柱体をその長さ方向において前記の座ぐり穴の位置で保持する保持機構とを備える構成とすること、により達成される。

【0020】

【作用】この発明においては、固体高分子電解質型燃料電池において、

①燃料電池セルとセパレータとの直列積層体は、1個の燃料電池セルと、この1個の燃料電池セルの両面に配置された1対のセパレータとを有する単電池体の複数の互いに直列に積層されてなるものであり、それぞれの単電池体は、それが有するセパレータの対を、燃料電池セルを間に挟んで一体に保持する保持装置を備え、それぞれの単電池体が備えるそれぞれのセパレータは、例えば、セパレータの燃料電池セルと接する側の側面に有するガスシール体を収納するための溝よりも外側の周縁部分に複数の穴を互いに対向させて有し、この互いに対向し合うそれぞれの穴は、セパレータの電極と接する側の側面と、セパレータの電極と接する側の側面に対する反対側の側面との間を結んで、前記の電極と接する側面にほぼ垂直に形成されてなり、しかも、この互いに対向し合うそれぞれの穴は、一方のセパレータが有する穴は、めねじが形成されたねじ穴であり、他方のセパレータが有する穴は、前記の電極と接する側面側に形成された前記のねじ穴が持つめねじの径よりも大きな径を持つ円形の貫

通穴と、この貫通穴と同心で、反対側の側面側に形成された前記の貫通穴の径よりも大きな径を持つ円形の座ぐり穴とを有し、それぞれの単電池体が備える保持装置は、両セパレータが有する互いに対向し合う前記の穴に装着され、前記のねじ穴が持つめねじと嵌め合わされるおねじを持つ、頭部を有するおねじ部品である構成とすることにより、不良の燃料電池セルの交換に際して、加圧体を取り外すことは従来技術の固体高分子電解質型燃料電池と同様であるが、燃料電池セル集積体から不良の燃料電池セルを取り出す作業においては、燃料電池セル集積体の全てを分解するのでは無く、不良の燃料電池セルが含まれている単電池体のみを取り出して分解すればよいことになる。不良の燃料電池セルが含まれている単電池体の分解は、この単電池体が備える保持装置であるおねじ部品を、単電池体の一方のセパレータが有するめねじから外すことで行われる。

【0021】そうして、不良の燃料電池セルが良品の燃料電池セルに交換されて、分解時とは逆の順序で単電池体の再組立が行われる。続いて、この再組立された単電池体が固体高分子電解質型燃料電池に組み込まれたうえで、加圧体の加圧作業が行われて、固体高分子電解質型燃料電池の再組み立てが完了する。すなわち、不良燃料電池セルの交換時の、不良燃料電池セルまでの分解作業を、不良の燃料電池セルが含まれている単電池体のみに限定することが可能となる。

【0022】②前記①項におけるそれぞれの単電池体が備えるそれぞれのセパレータは、セパレータの燃料電池セルと接する側の側面に有するガスシール体を収納するための溝よりも外側の周縁部分に複数の穴を互いに対向させて有し、それぞれの穴は、セパレータの電極と接する側の側面と、セパレータの電極と接する側の側面に対する反対側の側面との間を結んで、前記の電極と接する側面にほぼ垂直に形成されてなり、しかも、前記の電極と接する側面側に形成された円形の貫通穴と、この貫通穴と同心で、反対側の側面側に形成された前記の貫通穴の径よりも大きな径を持つ円形の座ぐり穴とを有し、それぞれの単電池体が備える保持装置は、両セパレータが有する互いに対向し合う前記の穴に装着される円柱体と、この円柱体をその長さ方向において前記の座ぐり穴の位置で保持する保持機構とを備える構成とすることにより、不良の燃料電池セルの交換に際して、加圧体を取り外すことは従来技術の固体高分子電解質型燃料電池と同様であり、燃料電池セル集積体から不良の燃料電池セルを取り出す作業においては、燃料電池セル集積体の全てを分解するのでは無く、不良の燃料電池セルが含まれている単電池体のみを取り出して分解すればよいことについては、前記①項の場合と同様である。

【0023】不良の燃料電池セルが含まれている単電池体の分解は、この単電池体が備える円柱体から保持機構を外すことで行われる。そうして、不良の燃料電池セル

が良品の燃料電池セルに交換されると、分解時とは逆の順序で単電池体の組み立てが行われる。続いて、固体高分子電解質型燃料電池全体に対する全ての単電池体の組み込みと、加圧の作業とが行われて、固体高分子電解質型燃料電池の再組み立てが完了する。すなわち、不良燃料電池セルの交換時の、不良燃料電池セルまでの分解作業を、不良の燃料電池セルが含まれている単電池体のみに限定することが可能となる。

【0024】

【実施例】以下この発明の実施例を図面を参照して詳細に説明する。

実施例1；図4は、請求項1、2に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池が備える単電池体を展開した状態で模式的に示した要部の斜視図であり、図5は、図4に示した単電池体を模式的に示した側面断面図である。図6は、図4、図5に示した単電池体を用いた固体高分子電解質型燃料電池を模式的に示したその側面図である。図4～図6において、図7～図9に示した従来例による固体高分子電解質型燃料電池と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。なお、図4～図6中には、図7～図9で付した符号については、代表的な符号のみを記した。また、図6中には、図4、図5で付した符号については、代表的な符号のみを記した。

【0025】図4～図6において、3は、図9に示した従来例による固体高分子電解質型燃料電池9に対して、単電池6の直列積層体に替えて複数の単電池体4を用いるようにした固体高分子電解質型燃料電池（以降、燃料電池スタックと略称することがある。）である。単電池体4は、図7、図8に示した従来例による単電池6に対して、燃料電池セル7、および、セパレータ61A、61Bに替えて、それぞれ、燃料電池セル41、および、セパレータ42A、セパレータ42Bを用いると共に、頭部を有するおねじ部品である電気絶縁材製の六角穴付きボルト43を備えるようにしたものである。

【0026】燃料電池セル41は、燃料電池セル7に対して、電解質層7Cに替えて電解質層4Cを用いるようにしている。電解質層（以降、PE膜と略称することがある。）4Cは、電解質層7Cに対して、後記するセパレータ42Aに設けられているねじ穴421A、および、後記するセパレータ42Bに設けられている穴421Bに対向させて、複数の貫通穴411を形成するようにした点が相異している。

【0027】セパレータ42Aは、セパレータ61Aに対して、溝613Aよりも外側の周縁部分に、図4、図5中に示すようにめねじが形成された複数のねじ穴421Aを、側面61Baに対して垂直方向に形成している点が相異している。これ等のねじ穴421Aは、六角穴付きボルト43を装着するためのねじ穴であり、そのめねじは、六角穴付きボルト43が持つおねじと嵌まり合

うものである。

【0028】セパレータ42Bは、セパレータ61Bに対して、溝613Bよりも外側の周縁部分に、図4、図5中に示すように複数の穴421Bを、側面61Baに対して垂直方向に、しかも、セパレータ42Aに形成されているそれぞれのねじ穴421Aに対向する位置に、形成している点が相異している。これ等の穴421Bは、六角穴付きボルト43の頭部部分を装着するための穴であり、側面61Ba側に形成された六角穴付きボルト43のねじ径よりも大きな径を持つ円形の貫通穴と、この貫通穴と同心で、側面61Bb側に形成された前記の貫通穴の径よりも大きな径を持つ円形の座ぐり穴とを有している。

【0029】セパレータ42A、セパレータ42Bの厚さは、例えば、10〔mm〕程度であり、セパレータ42Bの穴421Bが持つ座ぐり穴の深さは、例えば、5〔mm〕～6〔mm〕程度である。前記した燃料電池セル41、セパレータ42A、セパレータ42B、六角穴付きボルト43、および、ガスシール体72を用いて、単電池体4が組み立てられる。単電池体4は、燃料電池セル41、セパレータ42A、セパレータ42Bとを、燃料電池セル41の側面7a側にセパレータ42Aを、側面7b側にセパレータ42Bを、それぞれの貫通穴（例えば、貫通穴71、615A、616Bであり、貫通穴411、ねじ穴421A、穴421B、等である。）を互いに合致させて組み合わせる。セパレータ42Aの溝613A、および、セパレータ42Bの溝613Bには、ガスシール体72がそれぞれ装着される。そうして、六角穴付きボルト43を穴421Bから挿入し、ねじ穴421Aを用いてねじ締めし、燃料電池セル41、セパレータ42A、42Bを一体化すると共に、ガスシール体72を加圧して、反応ガスが通流路の外に漏れ出さない処置を行う。

【0030】その際、複数の六角穴付きボルト43は、燃料電池セル41、ガスシール体72を均等に加圧するようにするために、例えば、互いに対向する位置にあるもの同志を交互に締めるようにすることが好ましい。この六角穴付きボルト43によって与えられる加圧力の値は、例えば、燃料電池セル41と、セパレータ42A、セパレータ42Bとの間の電気抵抗、熱抵抗の値を小さい値に抑えるために、各接触部における電気抵抗および熱抵抗の値の低減が可能な値に設定される。なお、セパレータ42Aとセパレータ42Bとは、六角穴付きボルト43によって連結されることになるが、六角穴付きボルト43が電気絶縁材製であることで、燃料電池セル41で発生した電力をそのまま単電池体4から出力することが可能である。

【0031】燃料電池スタック3の組み立ては、まず所要の個数の単電池体4が準備され、この単電池体4が、順次、加圧装置8によって積層され、所定の個数の単電

10

20

30

40

50

池体4が積層されると、加圧体82によって所要の値の加圧力で加圧されて、燃料電池スタック3の組み立て作業が完了することになる。図4～図6に示す実施例では、前記の構成としたことにより、不良となった燃料電池セル41の交換に際しては、まず、加圧体82が持つナット822を緩めて、少なくとも当接体81Aの位置を、当接体81Bとの間隔が広がるようにずらし、不良となった燃料電池セル41が含まれている単電池体4だけを、燃料電池スタック3から取り出す。続いて、この取り出された単電池体4が有する六角穴付きボルト43を取り外して単電池体4を分解し、不良の燃料電池セル41を良品の燃料電池セル41に交換する。そうして、良品の燃料電池セル41に交換したところで、六角穴付きボルト43による締め付けが行われて、単電池体4が再組み立てされる。

【0032】また、前記の構成を備える各単電池体4は、不良の燃料電池セル41の交換の際に、予め用意されていた良品の燃料電池セル41が用いられている交換用の単電池体4に置き換えることも可能である。この場合には、不良の燃料電池セル41の良品の燃料電池セル41への交換は、別途、随時に行うことでよいものであり、不良の燃料電池セル41の緊急の交換が必要となる場合に極めて有効である。

【0033】不良の燃料電池セル41の良品の燃料電池セル41への交換後の、燃料電池スタック3の再組立作業は、前記した分解時とは逆の順序で行われる。すなわち、燃料電池スタック3の不良の燃料電池セル41を持つ単電池体4を取り出したことで生じた空所に、良品の燃料電池セル41に交換された単電池体4が組み込まれる。そうして、加圧体82が持つナット822が締め込まれて所要の加圧力値に設定されて、燃料電池スタック3の再組み立てが完了する。

【0034】このように、この発明による燃料電池スタック3においては、不良となった燃料電池セル41の交換に際して、不良の燃料電池セル41までの分解作業を、不良の燃料電池セル41を持つ単電池体4のみに限定することが可能となる。これにより、不良の燃料電池セル41の交換に要する作業時間を、短縮することが可能となり、かつ、分解されるガスシール体72の個数を、不良の燃料電池セル41が組み込まれている単電池体4が持つガスシール体72のみに限定することが可能となるのである。

【0035】実施例1における今までの説明では、頭部を有するおねじ部品は六角穴付きボルト43であるとしてきたが、これに限定されるものではなく、例えば、六角ボルトであってもよいものである。また、実施例1における今までの説明では、頭部を有するおねじ部品は電気絶縁材製であるとしてきたが、これに限定されるものではなく、例えば、頭部を有するおねじ部品の頭部とセバレータ42Bの穴421Bとの間に、電気絶縁材製の

電気絶縁用ブッシュを介挿することで、金属製の頭部を有するおねじ部品の使用が可能である。

【0036】実施例2；図1は、請求項1、3に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池が備える単電池体を模式的に示した側面断面図であり、図2は、図1に示した単電池体を展開した状態で模式的に示した要部の斜視図である。図3は、図1、図2に示した単電池体を用いた固体高分子電解質型燃料電池を模式的に示したその側面図である。図1～図3において、図4～図6に示した請求項1、2に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池と同一部分、および、図7～図9に示した従来例による固体高分子電解質型燃料電池と同一部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。なお、図1～図3中には、図4～図6および図7～図9で付した符号については、代表的な符号のみを記した。また、図3中には、図1、図2で付した符号については、代表的な符号のみを記した。

【0037】図1～図3において、1は、図4～図6に示した固体高分子電解質型燃料電池3に対して、単電池体4に替えて複数の単電池体2を用いるようにした固体高分子電解質型燃料電池（以降、燃料電池スタックと略称することがある。）である。単電池体2は、図4～図6に示した単電池体4に対して、セバレータ42Aと六角穴付きボルト43に替えて、それぞれ、セバレータ22Aと保持装置23を用いるようにした単電池体である。

【0038】セバレータ22Aは、セバレータ42Aに対して、ねじ穴421Aに替えて穴221を用いるようにした点が相異している。穴221は、セバレータ42Bが持つ穴421Bと同様な形状を備える穴であり、溝613Aよりも外側の周縁部分に、図1、図2中に示すようにそれぞれの穴421Bに対向する位置に形成されている。それぞれの穴221は、保持装置23の挿入部の径よりも大きな径を持ち、側面61Aa側に形成された円形の貫通穴と、この貫通穴と同心で、側面61Ab側に形成された前記の貫通穴の径よりも大きな径を持つ円形の座ぐり穴とを有している。セバレータ22Aの厚さは、例えば、10〔mm〕程度であり、穴221が持つ座ぐり穴の深さは、例えば、5〔mm〕～6〔mm〕程度である。なお、この場合、セバレータ42Bが持つそれぞれの穴421Bの各部の寸法は、穴221の各部の寸法と同一値に設定される。保持装置23は、電気絶縁材製であり、六角穴付きの頭部と溝231aが外周面に形成された円柱体231と、保持機構であり、円柱体231の持つ溝231aに装着される止め輪（例えば、Cリングである。）232とで構成されている。

【0039】前記した燃料電池セル41、セバレータ22A、セバレータ42B、保持装置23、および、ガスシール体72を用いて、単電池体2が組み立てられる。単電池体2は、燃料電池セル41、セバレータ22A、

10

20

30

40

50

セパレータ42Bとを、燃料電池セル41の側面7a側にセパレータ22Aを、側面7b側にセパレータ42Bを、それぞれが持つ貫通穴（例えば、貫通穴71、615A、616Bであり、貫通穴411、穴221、穴421B、等である。）を互いに合致させて組み合わせる。セパレータ22Aの溝613A、および、セパレータ42Bの溝613Bには、ガスシール体72がそれぞれ装着される。そうして、穴421Bに円柱体231が挿入される。

【0040】この仮組み立てされた状態で、セパレータ22Aの側面61Abと、セパレータ42Bの側面61Bbとの両面から、図示しないプレス装置等の加圧装置を用いて、燃料電池セル41、ガスシール体72を均等に加圧する。この加圧された状態で、円柱体231の溝231aに穴221から止め輪232が装着されて、この加圧状態が保持装置23によって保持されて、燃料電池セル41、セパレータ22A、42Bが一体化される。加圧装置によって与えられる加圧力の値は、例えば、燃料電池セル41と、セパレータ22A、セパレータ42Bとの間の電気抵抗、熱抵抗の値を小さい値に抑えるために、各接触部における電気抵抗および熱抵抗の値の低減が可能な値に設定される。なお、セパレータ22Aとセパレータ42Bとは、保持装置23によって連結されることになるが、円柱体231が電気絶縁材製であることで、燃料電池セル41で発生した電力をそのまま単電池体2から出力することが可能である。

【0041】燃料電池スタック1の組み立ては、まず所要の個数の単電池体2が準備され、実施例1による燃料電池スタック3の組み立ての場合と同様にして実施される。すなわち、この単電池体2が、順次、加圧装置8によって積層され、所定の個数の単電池体2が積層されると、加圧体82によって所要の値の加圧力で加圧されて、燃料電池スタック1の組み立て作業が完了することになる。

【0042】図1～図3に示す実施例では、前記の構成としたことにより、不良となった燃料電池セル41の交換に際しての燃料電池スタック1の取扱は、前記した燃料電池スタック3の場合と基本的には同一であるので、その詳細は省略する。ただし、不良となった燃料電池セル41を持つ単電池体2の分解に際しては、保持装置23を取り外すことになる。また、不良の燃料電池セル41を良品の燃料電池セル41に交換した後の単電池体2の再組立時には、前記した加圧装置を用いて加圧が行われることになる。また、前記の構成を備える各単電池体2は、不良の燃料電池セル41の交換の際に、予め用意されていた良品の燃料電池セル41が用いられている交換用の単電池体2に置き換えることが可能であることも、燃料電池スタック3の場合と同一である。

【0043】このように、この発明による燃料電池スタック1においては、不良となった燃料電池セル41の交

換に際して、不良の燃料電池セル41までの分解作業を、不良の燃料電池セル41を持つ単電池体2のみに限定することが可能となる。これにより、不良の燃料電池セル41の交換に要する作業時間を、短縮することが可能となり、かつ、分解されるガスシール体72の個数を、不良の燃料電池セル41が組み込まれている単電池体2が持つガスシール体72のみに限定することが可能となるのである。

【0044】この燃料電池スタック1の単電池体2では、セパレータ22Aにはめねじを形成する必要の無いことが、実施例1に対する主な相異点である。セパレータ22A、セパレータ42A等のセパレータは、前記したように脆い炭素板で製作されることが多いものである。この脆い炭素板にめねじを形成する必要の無いことで、単電池体2では、保持装置23のセパレータ22Aの装着状態を長期間安定保持することが容易となる。このことにより、保持装置23のセパレータ22Aの装着部の信頼性を高くするように配慮したとしても、セパレータ22Aの厚さを増加させる必要が無い等の利点を得られるものである。

【0045】実施例2における今までの説明では、円柱体231は六角穴付きの頭部を有するとしてきたが、これに限定されるものではなく、例えば、円柱体231は六角状の頭部を有するものであってもよいものである。また、実施例2における今までの説明では、円柱体231は頭部を有するとしてきたが、これに限定されるものではなく、例えば、円柱体の両端部に溝231aが形成されたものであってもよいものである。

【0046】また、実施例2における今までの説明では、円柱体231は端部に溝231aが形成されているとしてきたが、これに限定されるものではなく、例えば、端部にはおねじを備えるものであってもよいものである。なおこの場合には、保持機構として止め輪232に替えて、例えば、ナットが適用されることになる。さらにまた、実施例2における今までの説明では、円柱体231は電気絶縁材製であるとしてきたが、これに限定されるものではなく、例えば、頭部とセパレータ42Bの穴421Bとの間に、電気絶縁材製の電気絶縁用ブッシュを介挿することで、金属製の円柱体の使用が可能である。

【0047】

【発明の効果】この発明においては、前述の構成としたことにより、次記する効果が有る。すなわち、

①不良の燃料電池セルの交換に際しての不良燃料電池セルまでの分解作業を、不良の燃料電池セルが組み込まれている単電池体2のみに限定することが可能となる。また、交換用の単電池体を準備しておいて、これと交換することも可能である。これにより、不良の燃料電池セルの交換に要する作業時間を短縮することが可能となる。

また、

17

②不良の燃料電池セルの交換に際して分解されるガスシール体の個数を、不良の燃料電池セルが組み込まれている単電池体が持つガスシール体のみに限定することが可能となり、分解、および、再組立の対象となるガスシール体の個数が減少される。これにより、燃料電池スタックの再組立時に、ガスシール体によって電解質層を加圧する加圧力が低下することの発生頻度を低減することが可能となり、反応ガスに対するシール性能に関する信頼性を向上することが可能となるのである。さらにまた、③多数の燃料電池セルを積層する必要がある場合であっても、1個の燃料電池セル毎に単電池体として構成されるので、燃料電池セルとセパレータの位置ずれを少なく組み立てることが容易であり、燃料電池セルとセパレータとの位置ずれが少ない燃料電池スタックの組み立て時間を短縮することが可能となり、これにより、燃料電池スタックの製造原価を低減することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

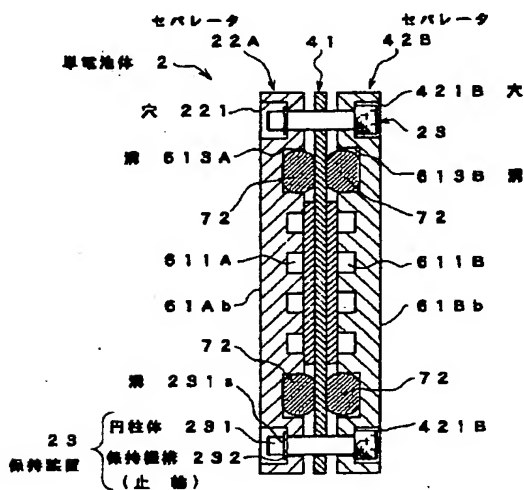
【図1】請求項1、3に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池が備える単電池体を模式的に示した側面断面図

【図2】図1に示した単電池体を展開した状態で模式的に示した要部の斜視図

【図3】図1、図2に示した単電池体を用いた固体高分子電解質型燃料電池を模式的に示したその側面図

【図4】請求項1、2に対応するこの発明の一実施例による固体高分子電解質型燃料電池が備える単電池体を展

【図1】



18

開した状態で模式的に示した要部の斜視図

【図5】図4に示した単電池体を模式的に示した側面断面図

【図6】図4、図5に示した単電池体を用いた固体高分子電解質型燃料電池を模式的に示したその側面図

【図7】従来例の固体高分子電解質型燃料電池が備える単電池を展開した状態で模式的に示した要部の斜視図

【図8】図7に示した単電池を展開した状態で模式的に示した側面断面図

10 【図9】従来例の固体高分子電解質型燃料電池を模式的に示した構成図で、(a)はその側面図、(b)はその上面図

【符号の説明】

1 固体高分子電解質型燃料電池（燃料電池スタック）

2 単電池体

2 2 A セパレータ

2 2 1 穴

2 3 保持装置

20 2 3 1 円柱体

2 3 1 a 溝

2 3 2 保持機構（止め輪）

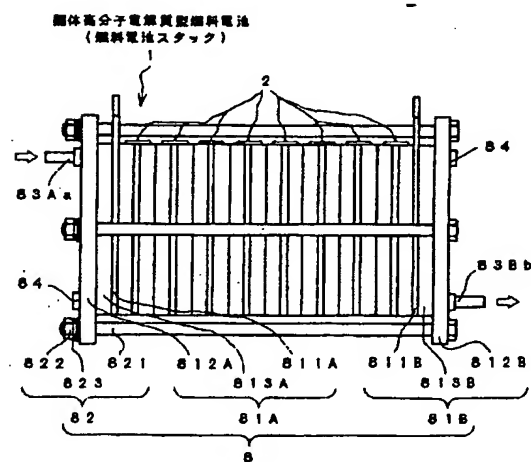
4 2 B セパレータ

4 2 1 B 穴

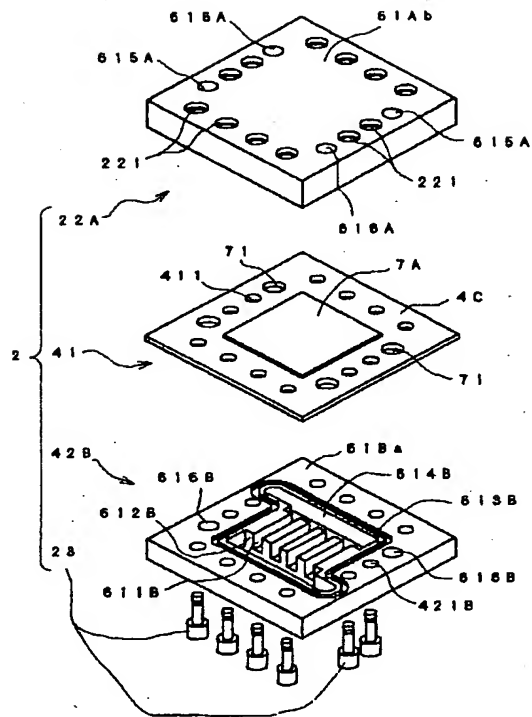
6 1 3 A 溝

6 1 3 B 溝

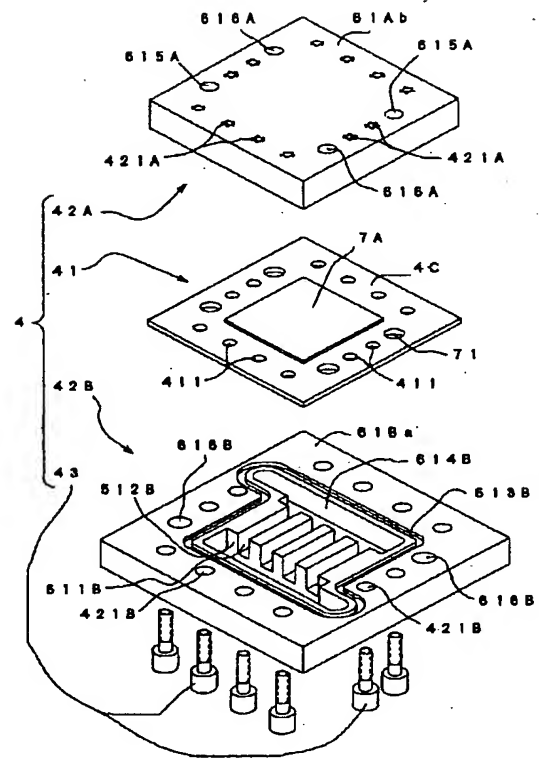
【図3】



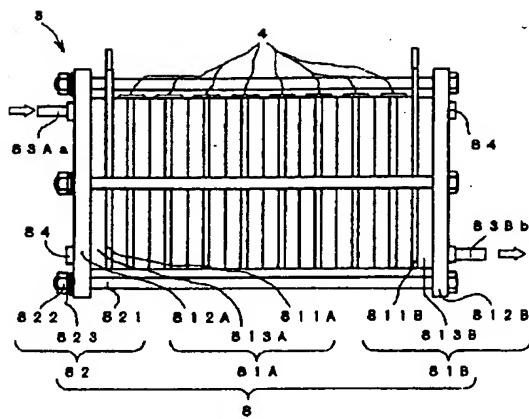
【図2】



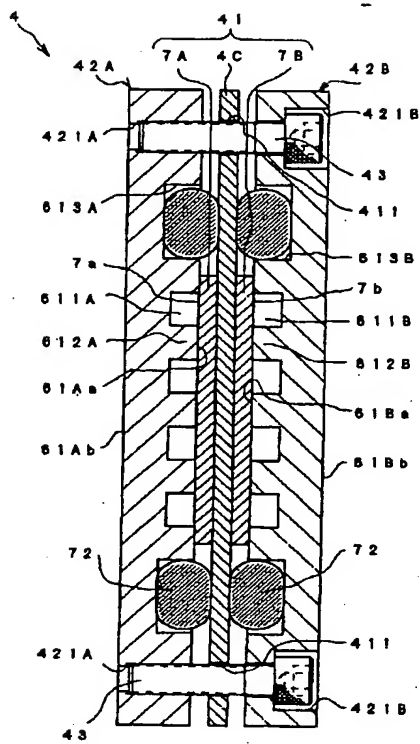
【図4】



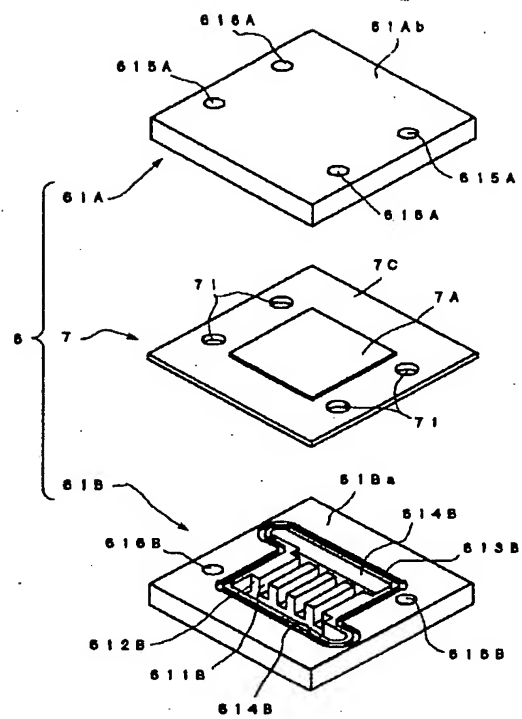
【図6】



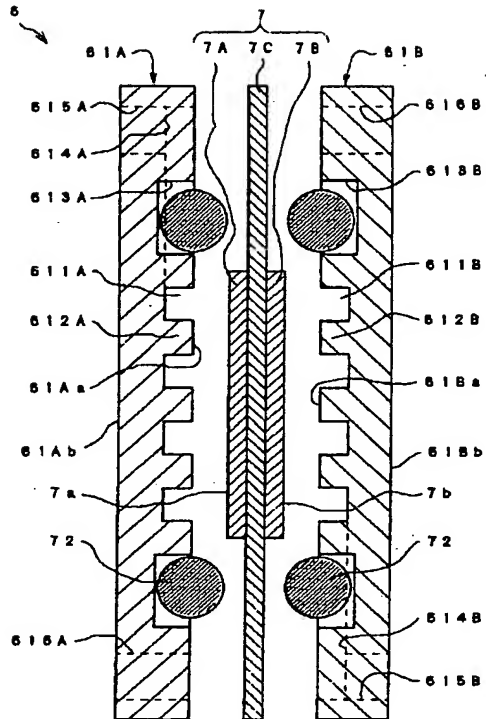
【図5】



【図7】



【図8】



【図9】

